



تحلیل خصوصیات بافت برگ برای تشخیص کمبود کلسیم گیاه گوجه فرنگی با تکنیک ماشین بینایی

کیوان آصف پور و کیلیان^{۱*}، جعفر مساح^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه فنی کشاورزی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، ۲- دانشیار گروه فنی کشاورزی پردیس ابوریحان

دانشگاه تهران

* keyvan.asefpour@ut.ac.ir

چکیده

شرایط محیطی گلخانه ها معمولا به وسیله چشم انسان بررسی می شود. در حالی که تکنیک ماشین بینایی، قابلیت تشخیص تغییرات خصوصیات بافتی برای تعیین عامل تنش را در مقیاس برگ دارد. در این تحقیق، یک سیستم ماشین بینایی برای تحلیل خصوصیات بافتی جهت تشخیص کمبود کلسیم گوجه فرنگی گلخانه ای طراحی شد و عملکرد آن بررسی گردید. سیستم ماشین بینایی شامل یک مازول پردازش تصویر بود که خصوصیات برگ گیاه را برای تعیین وضعیت کلی رشد و سلامت آن استخراج کرد. خصوصیات بافت برگ شامل آنترپی (شاخص یک دست بودن رنگ برگها)، انرژی (شاخص تیرگی و یا روشنی سطح برگ) و همگونی (شاخص میزان توزیع سطح خاکستری برای یک پیکسل نسبت به پیکسلهای مجاور) بود. در بررسی دو گروه برگ نمونه که از گلخانه هیدروپونیک گوجه فرنگی به آزمایشگاه منتقل گردید، مشاهده شد که مقدار هر سه شاخص استخراج شده به میزان کلسیم موجود در تغذیه گیاه وابسته است. نتایج نشان داد که برگهای مربوط به گیاهان کنترل شده با میزان مناسب تغذیه کلسیم، نسبت به برگهای مربوط به گیاهان تیمار شده با تغذیه فاقد کلسیم، دارای شاخص آنترپی بیشتر و شاخصهای انرژی و همگونی کمتری بودند.

واژگان کلیدی: ایجاد الگوی مناسب، پردازش تصویر، تشخیص کمبود کلسیم، خصوصیات بافتی، گلخانه.

مقدمه

کودهای شیمیایی در واقع مواد معدنی با حلالیت بالا هستند که برای جبران ضعف حاصلخیزی خاک به کار می روند. مصرف متعادل کودهای شیمیایی از اهمیت به سزایی در راستای کشاورزی پایدار برخوردار است. در روش های متداول تولید محصولات کشاورزی، مقدار استفاده از کود در بازه های زمانی مشخص، از قبل تعیین شده و نیازهای گیاه به طور دقیق در نظر گرفته نمی شود. بررسی مقدار محتوای عناصر غذایی موجود در گیاه با استفاده از تکنیک های موجود نظیر ماشین بینایی می تواند به عنوان یک حسگر جهت نشان دادن کمبودهای غذایی یک گیاه برای محدود کردن مقدار کوددهی به محصولات مزرعه ای و یا گلخانه ای در زمانی که واقعا نیاز به مواد آلی دارند، مورد استفاده قرار گیرد. در این حالت می توان به طور قابل ملاحظه ای باعث صرفه جوئی در میزان مصرف کود شد. کوشش های قبلی در استفاده از ماشین بینایی برای تشخیص کمبودهای مواد غذایی گیاه با بررسی یک برگ، یک گیاه و تاج پوششی گیاهان با موفقیت همراه بوده است. ژنگ و همکاران (Zheng et al., 2006) با استفاده از سیستم ماشین بینایی، ۲۱ مشخصه برای تعیین بافت میوه ها در نظر



گرفتند. هر بافت بر اساس ماتریس های توابع چگالی احتمال برای تعیین پارامترهای مختلف تعریف شد. یوشادا و همکاران (Ushada et al., 2007) نتیجه گرفتند برای تشخیص سلامتی گیاهان با استفاده از سیستم ماشین بینایی و شبکه عصبی مصنوعی (ANN)؛ سه پارامتر انرژی، کنتراست و همگونی جهت تعیین بافت تاج پوششی گیاهان مفید است. استوری و همکاران (Story et al., 2010) یک سیستم بر پایه ماشین بینایی طراحی کردند که برای تشخیص زودهنگام کمبود کلسیم در محیط کنترل شده برای کاهو صورت گرفت. آنها از میزان روشنایی تصویر برای تعیین میزان انرژی تصویر استفاده کردند. پنج پارامتر سطح تاج پوششی گیاه، آنتروپی (شاخص یک دست بودن رنگ برگها)، انرژی (شاخص تیرگی و یا روشنی سطح برگ)، همگونی (شاخص میزان توزیع سطح خاکستری Grey-level برای یک پیکسل نسبت به پیکسلهای مجاور) و کنتراست (شاخص اختلاف شدت فروزندگی بین اجزا مختلف تصویر) برای تعیین وضعیت گیاه مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که با استفاده از سیستم ماشین بینایی، تشخیص کمبود کلسیم مورد نیاز گیاه، یک روز سریعتر از تکنیک مشاهده توسط کشاورز صورت پذیرفت. این آزمایشات به وسیله انتقال گیاهان کنترل شده و تیمار شده از گلخانه به محفظه آزمایش انجام شد.

هدف از انجام این تحقیق، طراحی یک سیستم آزمایشگاهی ماشین بینایی برای تشخیص غیر تماسی و خودکار کمبود کلسیم گیاه گوجه-فرنگی گلخانه ای با استفاده از خصوصیات بافتی برگ گیاه بود. این روش، مقدمه ای بر شیوه نوین تعیین زمان دقیق نیاز گیاه به کوددهی است که در این حالت می توان باعث صرفه جوئی در نهاده های کشاورزی و جلوگیری از آلودگی محیط زیست توسط مواد زیان بار موجود در کودهای شیمیائی شد.

مواد و روش ها

۱) شرایط گلخانه برای ایجاد کمبود کلسیم (*Experimental Setup for calcium deficiency induction*):

دو ردیف کشت در منطقه تقریبی وسط گلخانه هیدروپونیک گوجه فرنگی در نظر گرفته شد. هر یک از این ردیف ها شامل ۲۰ گیاه بودند. در هفته اول آزمایش در نوع تغذیه دو ردیف تغییری داده نشد. از روز چهاردهم، کود کلسیم کلرید از مواد غذایی داده شده به ردیف تیمار شده حذف شد و سدیم نترات جایگزین کلسیم نترات گردید؛ در حالی که تا انتهای مدت آزمایش، نوع تغذیه ردیف کنترل شده تغییر نکرد. در زمان آزمایش به مدت ۲۸ روز، طی یک نوبت در روز (۱۲ ظهر) پنج برگ به صورت تصادفی از هر گیاه چیده شده و به آزمایشگاه منتقل شد. در مدت آزمایش، دما در ۲۵ درجه سانتیگراد برای روز (۱۴ ساعت) و ۲۰ درجه سانتیگراد برای شب (۱۰ ساعت) تنظیم شد.

۲) گرفتن تصویر (*Image Triggering*):

در هر روز از طول مدت آزمایش، به ازای هر ردیف ۱۰۰ برگ گیاه به آزمایشگاه منتقل شد. آزمایشگاه شامل یک اتاقک کاملا تاریک بود و تصاویر به وسیله یک عدد دوربین رنگی دیجیتال (Lifecam, VX-3000, Microsoft, USA) گرفته و ثبت شدند. برای نورپردازی نیز از ماژول نوری شامل ۲۰۰ عدد LED سفید مهتابی با زاویه دید ۷۰ درجه استفاده شد. ماژول نوری در پشت دوربین و رو به سطح برگ قرار داده شد. فاصله لنز دوربین با برگهای گوجه فرنگی به اندازه 25 ± 3 سانتیمتر در نظر گرفته شد. از هر برگ دو تصویر در یک زمان و از یک موقعیت گرفته شد. همچنین دو تصویر دیگر نیز از سطح دیگر برگ گرفته شد. سپس میانگین تصاویر از نظر مقدار رنگ RGB به



کمک برنامه نوشته شده در نرم افزار MathWorks MATLAB R2010b محاسبه شده و به صورت یک عکس اصلی برای پردازش آماده شد. در نتیجه تصاویر ثبت شده با دوربین دیجیتالی دارای کیفیت مناسب و کمترین تاثیر نویزها بودند.

۳) پردازش تصویر و ایجاد الگوی مناسب برای تحلیل (Image processing and pattern recognition):

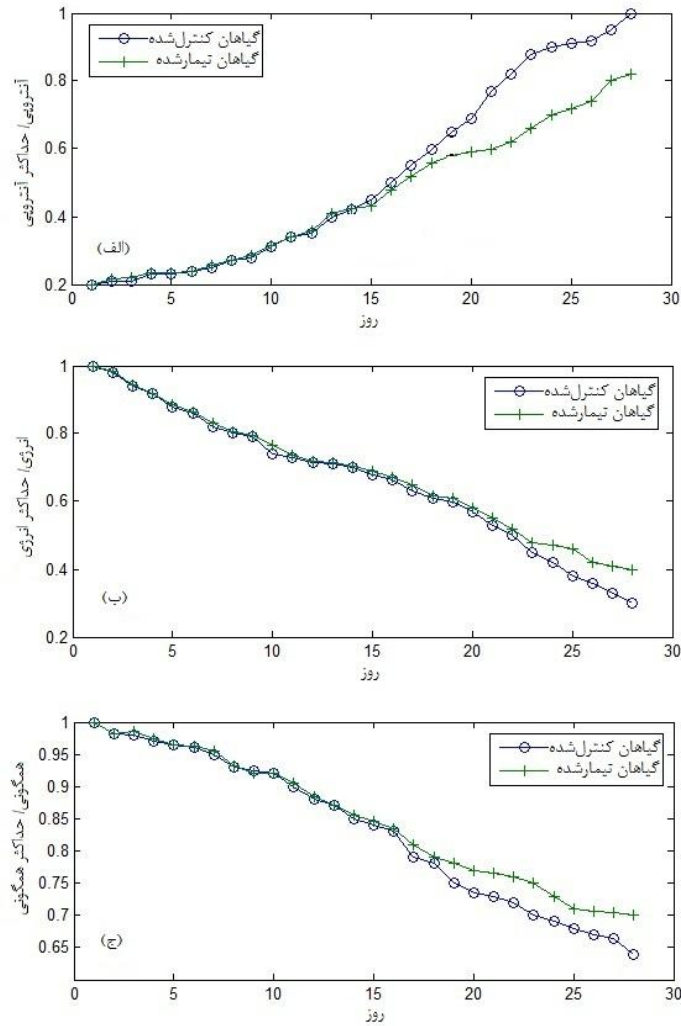
تصاویر ثبت شده به کامپیوتر منتقل شد و به وسیله برنامه نوشته شده در نرم افزار MATLAB Image Processing Toolbox پردازش شد. از تصویر موجود، منطقه مورد نیاز که شامل برگ های گیاه گوجه فرنگی است، به روش تفکیک کردن (Image segmentation Process) از پس زمینه استخراج شد. سپس ماتریس پیشامد مشترک سطح خاکستری (GLCM) برای تعیین همبستگی ارزش پیکسل های تشکیل دهنده بافت مورد استفاده قرار گرفت (Jain et al., 1995). از آنجا که بافت تصویر نسبت به راستای انتخابی مستقل است، چهار ماتریس مختلف برای زوایای ۰، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ درجه محاسبه شد. هر ماتریس بر اساس توابع چگالی احتمال برای تعیین پارامترهای مختلف بافت در نظر گرفته شد (Zheng et al., 2006; Ushada et al., 2007). پارامترهای تشخیص بافت؛ آنترپی، انرژی و همگونی بودند.

نتایج و بحث

در طول مدت آزمایش، دمای میانگین روز، دمای میانگین شب، رطوبت نسبی در روز و رطوبت نسبی در شب به ترتیب $28 \pm 3/1$ درجه سانتیگراد، $21/1 \pm 2/6$ درجه سانتیگراد، $61/9\%$ و $62/0 \pm 9/2\%$ بود. میانگین مقدار کربن دی اکسید $415 \pm 22/0$ ppm بود. در طول آزمایش، رنگ برگ های مربوط به ردیف تیمار شده به دلیل کمبود کلسیم متمایل به سبز روشن شد. گیاهان از عنصر کلسیم برای تشکیل دیواره سلولی استفاده می کنند. یکی از علائم مهم کمبود کلسیم در گیاهان، سوختگی نوک برگ ها می باشد.

نمودار ۱ تغییرات خصوصیات استخراج شده از برگ ها را نسبت به زمان برای ردیف های کنترل شده و تیمار شده نشان می دهد. گیاهان کنترل شده که در شرایط بهینه رشد کردند، دارای برگ های سالم و رنگارنگ بودند. مقدار آنترپی این برگ ها بیشتر از مقادیر آنترپی برگ های گیاهان تیمار شده به دست آمد. زیرا برگ های گیاهان تیمار شده به دلیل کمبود کلسیم فاقد پیچیدگی کافی ساختار سطحی بودند (نمودار ۱. الف). انرژی یک شاخص برای تعیین سطح روشنایی خاکستری است. از آنجا که گیاهان کنترل شده دارای برگ های سبز تیره بودند، مقدار انرژی برای این گیاهان نسبت به گیاهان تیمار شده کمتر بود (نمودار ۱. ب). برگ گیاهان کنترل شده دارای سطوح مختلفی از رنگ سبز بود. در حالی که برگ گیاهان تیمار شده دارای رنگ تقریباً یک دست بود. در نتیجه مقدار همگونی برگ گیاهان کنترل شده دارای همگونی کمتری نسبت به برگ گیاهان تیمار شده بود (نمودار ۱. ج).

۱۱ و ۱۲ اسفندماه ۱۳۹۰ دانشگاه آزاد اسلامی خراسگان دانشکده کشاورزی



نمودار ۱. تغییرات خصوصیات استخراج شده از برگها نسبت به زمان برای ردیفهای کنترل شده و تیمار شده

نتیجه گیری کلی

در این تحقیق خصوصیات بافت برگ گیاه گوجه فرنگی شامل آنتروپی، انرژی و همگونی برای تعیین وضعیت کلی رشد و سلامت آن استخراج شد. نتایج نشان داد که مقدار هر سه شاخص به میزان کلسیم موجود در تغذیه گیاه وابسته است. برگهای مربوط به گیاهان کنترل شده (با میزان مناسب تغذیه کلسیم) نسبت به برگهای مربوط به گیاهان تیمار شده (با تغذیه فاقد کلسیم)، دارای شاخص آنتروپی بیشتر و شاخصهای انرژی و همگونی کمتری بودند.

منابع



1. Zheng C, Sun DW, Zheng L. 2006. Recent applications of image texture for evaluation of food qualities - a review. Trends in Food Science and Technology, 17: 113–128.
2. Ushada D, Murase H, Fukuda H. 2007. Non-destructive sensing and its inverse model for canopy parameters using texture analysis and artificial neural network. Computers and Electronics in Agriculture, 57: 149–165.
3. Story D, Kacira M, Kubota C, Akoglu A, An L. 2010. Lettuce calcium deficiency detection with machine vision computed plant features in controlled environments. Computers and Electronics in Agriculture, 74: 238–243.
4. Jain R, Kasturi R, Schunck BG. 1995. Machine Vision, McGraw-Hill, pp: 234–239.

Tomato calcium deficiency detection with machine vision computed textural features

Keyvan Asefpour Vakilian^{*1}, Jafar Massah²

1 M.Sc. Student, Department of Agrotechnology, College of Abouraihan, University of Tehran, Tehran, Iran

2 Associate Professor, Department of Agrotechnology, College of Abouraihan, University of Tehran, Tehran, Iran

* keyvan.asefpour@ut.ac.ir

Abstract:

Conventional greenhouse environmental conditions are determined by observation. At the leaf scale, machine vision has the potential to identify emerging stresses and guide sampling for identification of the stressor. In this research, a machine vision-guided system was used to detect calcium deficiency in tomato crops grown in greenhouse conditions using textural features of the plant. The machine vision system consisted of an image processing module to extract leaf features to determine overall plant growth and health status, including entropy (defined as the randomness of gray-level distribution), energy (a numerical value represented by the level of gray-scale brightness), and homogeneity (determination of the related gray-level pixel distribution amongst the surrounding pixels in the leaf image) as textural features. Two groups of leaf samples from hydroponic greenhouse tomato plants were transported to the laboratory. Group 1 consisted of control plants' leaves which were fed with the proper amount of calcium and group 2 consisted of treated plants' leaves which were fed with calcium free nutrition. The results showed that these three extracted features are dependent on the amount of calcium in plant nutrition. The entropy feature of control plants was higher than entropy feature of treated plants. But energy and homogeneity features of control plants were lower than energy and homogeneity features of treated plants.

Keywords: Calcium deficiency detection, Greenhouse, Image Processing, Pattern recognition, Textural features.